

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-240729

(43)Date of publication of application : 17.09.1996

(51)Int.Cl.

G02B 6/10
C03B 37/014
G02B 6/00
G02B 6/00

(21)Application number : 07-319043

(71)Applicant : FURUKAWA ELECTRIC CO
LTD:THE

(22)Date of filing : 07.12.1995

(72)Inventor : YOSHIDA KAZUAKI
SATO TSUGIO
MORIKAWA TAKAYUKI
YAGI TAKESHI

(30)Priority

Priority number : 07 673 Priority date : 06.01.1995 Priority country : JP

(54) OPTICAL FIBER AND ITS PRODUCTION

(57)Abstract:

PURPOSE: To obtain such an optical fiber that ultrasonic waves or light can be easily inputted through the side face of the fiber, fibers can be densely packed, problems of twisting or bending are not caused, and the fiber can be accurately aligned and fixed to the substrate of an optical waveguide, by forming the optical fiber having the cross section of a regular polygon.

CONSTITUTION: An optical fiber preform is formed to have the part corresponding to the core in the center of the optical fiber preform and the part corresponding to the clad in point symmetry around the core part. Therefore, the cross section of the clad part is a regular polygon, especially, a square, regular hexagon or octagon. Therefore, when the optical fiber preform is heated and drawn into an optical fiber, the preform is drawn in the axial direction while uniform force is applied in the circumference direction of the core so as to prevent production of double refraction in the optical fiber. When the optical fiber thus produced is used as a bundle fiber such in a matrix state or the like, it is preferable to make the cross section of the core a regular polygon rather than a circle.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

BEST AVAILABLE COPY

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

* NOTICES *

JPO and NCIPJ are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The optical fiber characterized by a cross section being a regular polygon.

[Claim 2] The manufacture approach of the optical fiber according to claim 1 characterized by a cross section heating and extending the optical fiber preform of the shape of a rod which is a regular polygon.

[Claim 3] The manufacture approach of the optical fiber according to claim 2 characterized by manufacturing an optical fiber preform by dry powder pressing.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPJ are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the optical fiber whose appearance cross section suitable for the object for optical communication and optical measurement is a regular polygon.

[0002]

[Description of the Prior Art] In fields, such as optical communication and optical measurement, the terminal of an optical fiber is used for flat-surface optical waveguide, connecting. However, the connection between an optical fiber and said optical waveguide was technically difficult, and had caused high cost-ization of optical communication or the equipment of optical measurement. That cause has it in it being difficult in this case to arrange an optical fiber to a position at accuracy, although connection between an optical fiber and optical waveguide is made on the substrate with which optical waveguide was formed. Furthermore, since the usual optical fiber has the circular cross section, this event originates in being easy to roll and it being easy to bend. Moreover, in flat-surface optical waveguide, since the cross section of a core is not a circle but a square, carrying out optical coupling to this efficiently is expected for an optical fiber and a core to be squares.

[0003] Moreover, a signal is impressed from the exterior at light from the direct-current light source which spreads the inside of an optical fiber, and the external modulator modulated indirectly is developed recently. The external modulator is having cross-section structure as shown in drawing 6. The piezoelectric device which an optical fiber becomes among drawing in a sign 1, and a quartz substrate and a sign 3 become from ZnO in a sign 2, and a sign 4 are the coat sections which served as Au electrode and the adhesives with which a sign 5 consists of silica gel. Also in this external modulator, it is difficult to arrange an optical fiber 1 on the quartz substrate 2 at accuracy, and to be easy to roll in the usual optical fiber with a circular cross section, and to arrange an optical fiber 1 to a deflection and cone sake at accuracy. Moreover, although this external modulator modulates the lightwave signal which spreads an optical fiber with the supersonic wave from a piezoelectric device ZnO, it does not pass over the substrate and optical fiber of a piezoelectric device to contact at the contact of a circle and shine, but that contact is few. Therefore, there are also few inputs of the supersonic wave from a piezoelectric device to an optical fiber. In order to improve this, the cross section of an optical fiber is wanted to touch a substrate at a flat surface. Moreover, the optical fiber grating is developed recently. Although this is irradiated and manufactures ultraviolet rays from the side face of an optical fiber, the exposure of ultraviolet rays is difficult for the conventional circular optical fiber. The cross section of an optical fiber is wanted to be a flat surface also for this reason.

[0004] Furthermore, recently also requires the optical components which have arranged many optical fibers 1 in the shape of a matrix in resin 7, as shown in drawing 7. Since it seems that such components were also mentioned above, it is difficult to arrange in the shape of a matrix in the conventional circular optical fiber. A sign 6 is the coat section which consists of resin among drawing. Moreover, when arranging an optical fiber in the shape of a matrix in this way, since an opening is generated between circles in the conventional circular optical fiber, pack density is small. An optical fiber which has cross sections, such as a square and a forward hexagon, also in this case is desired. Furthermore, the former of the cross section of the core

of an optical fiber also produces a square, then the advantage that a large quantity of lights can be transmitted rather than it is circular.

[0005] Here, if a cross section uses the optical fiber of a square shape instead of a cross section being the conventional circular optical fiber, that the above-mentioned fault is suppleable will invent easily. As a conventional cross-section un-circular optical fiber, as shown, for example in drawing 8, what has a flat clad cross section is announced (reference 1, 2 reference). Said optical fiber 11 is a plane-of-polarization maintenance optical fiber called the PANDA mold optical fiber which has the flat clad 14. Said optical fiber 11 forms the stress grant section 13, applies the stress which changes with directions to a core 12 at the time of drawing, and is manufactured, and the object is enlarging a birefringence and that the polarization shaft of an optical fiber is easily discriminable. In addition, in order to manufacture the optical fiber 11 with this flat clad, a line is drawn in the base material with the flat clad equivalent section. If a line is drawn in the base material which has the flat clad equivalent section, even if it does not prepare the stress grant section, the amounts of drawings of the major axis and minor axis of an optical fiber will differ, and the rate of a birefringence will arise.

Reference 1: The IECE technical research report OQE 88-22, p71 reference 2: The IECE technical research report OQE 85-13, p7[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The conventional circular optical fiber tended to roll, and the problem that it was also difficult for it to be difficult to arrange on the substrate with which optical waveguide was formed in accuracy, and to arrange an optical fiber in the shape of a matrix was in the deflection and cone sake. Furthermore, in the optical fiber which has a flat clad, there was a problem that a polarization dependency arose by the birefringence. Moreover, there were the problem and the problem of being hard to be filled up densely of an optical fiber of being hard to input a supersonic wave and light from a side face. The object of this invention is offering the optical fiber which can arrange correctly and easily on a substrate, and does not have a birefringence. There is effectiveness that a supersonic wave and a light wave can be inputted easily in this optical fiber, from the side face of an optical fiber, and an optical fiber with the advantage of these many is offered in this invention.

[0007]

[Means for Solving the Problem] This invention offers the optical fiber which solved the above-mentioned trouble, and its manufacture approach, and considers the optical fiber with which a cross section is characterized by being a regular polygon as the 1st invention. Moreover, the manufacture approach of the optical fiber the 1st invention characterized by a cross section heating and extending the optical fiber preform of the shape of a rod which is a regular polygon is considered as the 2nd invention, and it considers manufacturing an optical fiber preform by dry powder pressing as the 3rd invention in the 2nd invention.

[0008] The core equivalent section is located focusing on an optical fiber preform, and, as for the optical fiber preform of this invention, it is desirable for the clad equivalent section to be point symmetry in a hoop direction focusing on the core equivalent section. Therefore, it is desirable that the cross section of the clad equivalent section is carrying out a square, forward six square shapes, forward eight square shapes, etc. especially among regular polygons. This reason is for extending an optical fiber preform to shaft orientations so that the force may be uniformly applied to the circumferencial direction of a core, and being easy to make it not make an optical fiber produce a birefringence, when carrying out a heating drawing from an optical fiber preform to an optical fiber. Therefore, as shown in drawing 8, as for adding an anisotropy to a clad, it is not desirable to insert the stress grant section 13 in right and left of a core 12, or to prepare interior clad of ellipse 15c in the clad 14 of an optical fiber 11 between interior clad of circular 15b and external clad 15a, as shown at drawing 9 etc. When inserting heterogeneous glass like the stress grant section in the clad section, or when preparing inserting also in the upper and lower sides besides right and left of a core, or an internal clad, things for which an anisotropy is given to neither of the cases at the clad section, such as considering as the circular clad instead of an ellipse, are required.

[0009] Moreover, it is important to manufacture the optical fiber of the regular polygon of an analog from the optical fiber preform of a regular polygon in this invention, for example, to manufacture a square optical fiber from a square optical fiber preform. However, in manufacturing a rectangular optical fiber (it also becomes a square optical fiber depending on drawing conditions) from a rectangular optical fiber preform, the ratio of a rectangular long side

and a shorter side change with drawings. This generates distortion which is different in the direction of a long side and the direction of a shorter side of a cross section of an optical fiber, and means producing a birefringence. Of course, since it is also worried that deformation of a core may be produced, it is desirable to extend the optical fiber preform of a regular polygon and to manufacture the optical fiber of the regular polygon of an analog. In this invention, the core of an optical fiber may be circular or a regular polygon is sufficient as it. What is necessary is just to use the optical fiber preform which has the core of a round shape or a regular polygon, respectively, in order to manufacture these optical fibers. In order to use an optical fiber as bundle fibers, such as the shape of a matrix, the regular polygon of a circular twist is [the cross section of a core] also more desirable. This reason is that the pulse duty factor of a core becomes large and it can transmit the light of a large quantity.

[0010] The optical fiber preform used for manufacture of the optical fiber of this invention can be manufactured by various kinds of approaches. concrete -- an optical fiber preform with a circular cross section -- a vacuum arc heating decarbonizing process and MCVD -- law and OVD -- a cross section can manufacture a circular optical fiber preform by the good and learned gaseous-phase method, and said cross section can manufacture the optical fiber preform which uses a circular optical fiber for manufacture of the optical fiber of this invention by cutting mechanically the side face of transparence and the clear glass base material vitrified and obtained. Furthermore as the good manufacture approach of profitability, there is an approach using dry powder pressing. This approach is compression moulding technique (a patent application No. 304418 in Heisei 4). It will refer to in Heisei 3 a patent application No. 126723 and the open patent official report No. 256937 [Showa 61 to]. An extrusion method (refer to open patent official report common [No. 124042 / four to]), the slip cast fabricating method (a open patent official report common No. 56331 [one to]) the Heisei 4 patent application No. 189851 and MSP -- it is the approach of fabricating silica system glass particles mechanically, considering as a porosity base material like law (referring to an announcement patent official report common No. 50256 [four to], and the open patent official report No. 266325 [Showa 61 to]), carrying out transparence vitrification further, and manufacturing an optical fiber preform. When using these approaches, it is also a desirable approach that making the porosity rod-like structure of a direct regular polygon manufactures a cylinder-like porous body, it cuts the side face of this most preferably, and considers as a regular polygon. Of course, the side face of a clear glass base material can also be cut mechanically. The reason for being advantageous is that dry powder pressing can manufacture a direct regular polygon economically, or it can begin to delete a regular polygon from a cylinder-like porous body easily. Although this invention described that the cross section of an optical fiber is a regular polygon, and the cross section of a core is moreover also the structure where the structure of a regular polygon is desirable, the manufacturing method of the optical fiber preform using the fine-particles fabricating method is suitable for especially this. That is, in order for a cross section to manufacture the core of a regular polygon, the side face is cut, a cross section makes the core of the shape of a cylinder usually manufactured the shape of a rod of a regular polygon, and it is processed, and if it is *****, there is nothing. Next, in order for a cross section to give this the clad section of a regular polygon, it is because the approach of forming the glass for clads in the periphery of the glass rod for cores from silica powder using the fine-particles fabricating method is the possible almost only approach technically.

[0011] The drawing approach of the optical fiber preform at the time of manufacturing the optical fiber of this invention can be performed using the usual drawing equipment of an optical fiber. As drawing conditions, it is better than a conventional method to draw a line at low temperature. This drawing temperature can be easily determined by preliminary experiment. Although concrete wire-drawing temperature is carried out at temperature lower than the wire-drawing temperature of an optical fiber with the usual circular cross section, it is necessary to make the minimum into about 1830 degrees C. If a line is drawn at temperature lower than this, problems, like that a wire-drawing rate becomes slow and becomes disadvantageous economically, that an optical fiber forms high loss, and a mechanical strength deteriorates will arise. Moreover, a possibility that wire-drawing stress may remain is in an optical fiber. Moreover, it is not desirable to make wire-drawing temperature high recklessly, either. It is because the side face of a fiber will collapse from a flat surface, and will be roundish and the radius of circle of an angle will also increase, if wire-drawing temperature is made high.

Therefore, it is necessary to choose the wire-drawing temperature 2000 degrees C or less. [0012] Moreover, the cylindrical optical fiber preform of a regular polygon has a sharp angle, and it may damage it during manufacture. Then, the regular-polygon base material which made the angle round or was beveled as a still more desirable optical fiber preform is mentioned. It is desirable to bevel to point symmetry focusing on the core equivalent section as much as possible also in this case. By using an optical fiber preform which was mentioned above, the optical fiber which there is no breakage and a birefringence does not have, either can be manufactured. Moreover, especially the thing for which the cross section of a core bevels the base material for cores in manufacture of the optical fiber of a regular polygon is important. That is, although that side face must be cut and a cross section must usually process the core of the shape of a cylinder manufactured by the gaseous-phase method in the shape of [of a regular polygon] a rod, this cylindrical core is because breakage decreases sharply, when it uses beveling an angle. In addition, although the beveled optical fiber of a cross section and an analog can be manufactured, the optical fiber which has a cross section in the condition of having beveled by changing drawing conditions also from the optical fiber preform which has not beveled can be obtained from the beveled optical fiber preform. For example, the optical fiber which has a cross section in the condition of having beveled the optical fiber preform when a line was drawn at high temperature is obtained. This approach is effective when not requiring that the side face of an optical fiber should be a perfect flat surface. Since reinforcement increases, the optical fiber which has a cross section in such a condition of having beveled is desirable.

[0013] Since a cross section is a regular polygon, the optical fiber of this invention can input easily the supersonic wave and light from an optical fiber side face, can fill up high density with them without an opening, rolls, does not have fear of *****, and can be arranged and fixed to up to a substrate at accuracy. moreover, a cross section -- the cylindrical optical fiber preform of a regular polygon -- a heating drawing -- carrying out -- a cross section -- if the regular-polygon optical fiber of an analog is formed, this optical fiber will not have a birefringence and its a possibility that a polarization dependency may arise will disappear.

[0014]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, this invention is explained to a detail based on the gestalt of implementation of invention. The fabrication process of the optical fiber of the gestalt of this operation is as follows. Namely, 1 core equivalent ****:clad equivalent **** = the core equivalent section with an outer diameter [of 6.98mm] and a die length of 250mm and the base material 24 for cores which consists of the clad equivalent section in part were manufactured by the vacuum arc heating decarbonizing process by 1:4.88. The silica glass with which, as for this base material 24 for cores, the core doped the germanium dioxide, and a clad consist of pure silica glass. As shown in drawing 1 , after carrying out fusion splicing of the quartz-glass rod to the ends of said base material 24 for cores as a bearing bar 25, the base material 24 for cores is installed in them at the core of the tubed shaping rubber die 23. In addition, signs 21 are [a top cover and the sign 26 of an inside lid and a sign 22] lower lids. Furthermore, the whole is a tube-like object made of polyurethane rubber, and the shaping rubber die 23 is 300mm in the outer diameter of 60mm, the bore of 50mm, and die length. 2) Next, the opening of the shaping rubber die 23 and the base material 24 for cores was filled up with the granulation powder which corned silica system glass powder. This granulation powder was manufactured as follows. First, silica powder of 8 micrometers of mean diameters manufactured with the vapor phase synthetic method was used as the raw material, and it mixed and stirred to silica powder 100 at a weight rate of pure water 66, poly vinyl alcohol 1.6, and a glycerol 1.0, and considered as the slurry, and granulation powder was manufactured to this using spray dryer equipment. The mean particle diameter of said granulation powder was about 100 micrometers.

3) After filling up the shaping rubber die 23 with granulation powder, the shaping rubber die 23 was supplied to the hydrostatic-pressure pressurizer, the shaping rubber die 23 was pressurized by 98MPa, and granulation powder was fabricated. The porosity Plastic solid after application of pressure and in the shaping rubber die 23 was taken out. The outer diameter of a Plastic solid was 38mm.

4) The four way type was mechanically cut so that the core equivalent section might take the lead in said Plastic solid, and as shown in drawing 2 , one side formed the cylindrical porous

body 27 of the square cross section which is 25.5mm.

5) In the dry air ambient atmosphere, temperature up of said porous body 27 was carried out to 500 degrees C, and it was heat-treated for 3 hours. Then, heat treatment for purification was performed at 1000 degrees C under the ambient atmosphere containing chlorine 10 capacity %. Subsequently, it heated at 1690 degrees C under the helium ambient atmosphere, and the whole was made into the transparency vitreous humour. Thus, one side had the square cross section which is 21.4mm, and obtained the optical fiber preform which has the core equivalent section at the core.

6) Said optical fiber preform was supplied to optical fiber drawing equipment equipped with the carbon resistance heating furnace with constant speed, a line was drawn considering the cash-drawer rate of an optical fiber as 20 m/min at 1930 degrees C, and the optical fiber 31 in which a core diameter has the cross-section structure which is 7.8 micrometers with the square whose one side is 124.4 micrometers was manufactured. Drawing 3 is the sectional view of the optical fiber 31 manufactured by doing in this way. In drawing 3, a sign 32 is a core and a sign 33 is a clad.

In addition, as it is not limited to the above-mentioned example but is shown in drawing 4 and 5, the regular polygon which has the angle of even number, such as forward six square shapes or forward eight square shapes, is sufficient as the cross-section configuration of the optical fiber of this invention.

[0015] On the other hand, the optical fiber of the rectangular section was manufactured as an example of a comparison. A long side and a shorter side draw a line at the drawing temperature of 1950 degrees C or 1900 degrees C, and the cash-drawer rate of 20 m/min in a silica glass base material (30mm and 15mm) (long side: shorter side =2:1), respectively, and a shorter side uses this example of a comparison as the optical fiber which is 125 micrometers. Although the shorter side of the obtained optical fiber was 125 micrometers, the ratio of a long side:shorter side was 1.90:1 or 1.94:1, respectively. Thus, the optical fiber obtained from the base material which is not a regular polygon produced the anisotropy to the core including distortion.

[0016]

[Effect of the Invention] Since the cross section of an optical fiber is a regular polygon according to this invention as explained above, The supersonic wave and light from an optical fiber side face can be inputted easily, and high density can be filled up without an opening. rolling -- fear of ***** -- there is nothing -- the substrate top of optical waveguide -- accuracy -- arrangement -- being fixable -- moreover, said optical fiber -- a cross section, if the optical fiber preform of the shape of a rod of the regular polygon of an analog is heated and extended and is manufactured The optical fiber obtained does not have a birefringence and has the outstanding effectiveness of not producing a polarization dependency.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPJ are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the sectional view of a shaping rubber die used for manufacture of the gestalt of 1 operation of the optical fiber concerning this invention.

[Drawing 2] It is the sectional view of the porous body formed in the production process of the gestalt of the above-mentioned implementation.

[Drawing 3] It is the sectional view of the optical fiber of the gestalt of the above-mentioned implementation.

[Drawing 4] It is the sectional view of the optical fiber of the gestalt of other operations.

[Drawing 5] being the further -- others -- it is the sectional view of the optical fiber of the gestalt of operation.

[Drawing 6] It is the sectional view of an external modulator.

[Drawing 7] It is the sectional view of optical components.

[Drawing 8] It is the sectional view of the conventional optical fiber.

[Drawing 9] It is the sectional view of other conventional optical fibers.

[Description of Notations]

21 Inside Lid

22 Top Cover

23 Shaping Rubber Die

24 Base Material

25 Bearing Bar

26 Lower Lid

27 Porous Body

31 Optical Fiber

32 Core

33 Clad

[Translation done.]

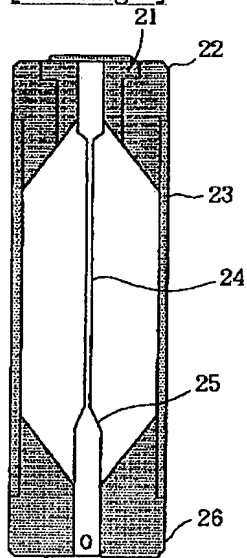
* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

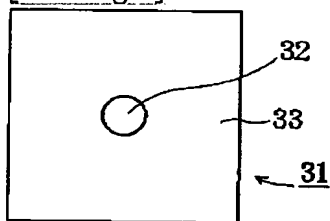
[Drawing 1]



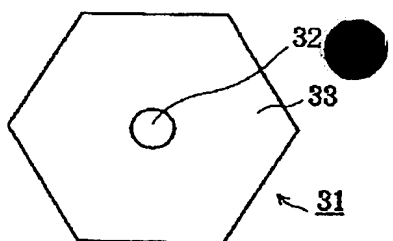
[Drawing 2]



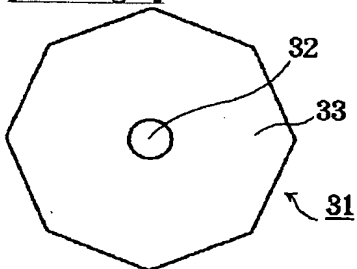
[Drawing 3]



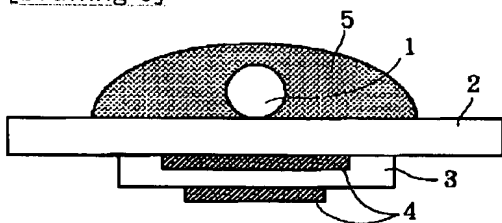
[Drawing 4]



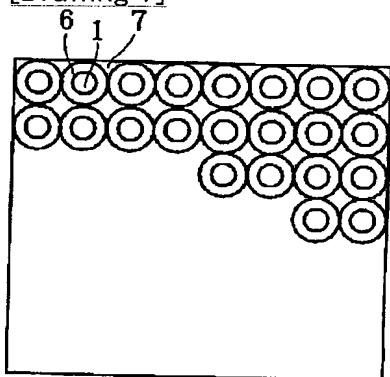
[Drawing 5]



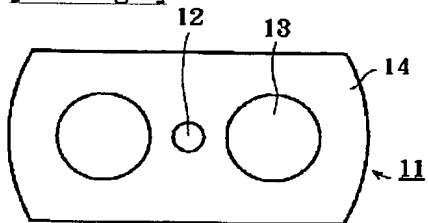
[Drawing 6]



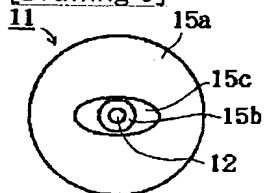
[Drawing 7]



[Drawing 8]



[Drawing 9]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-240729

(43) 公開日 平成8年(1996)9月17日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B 6/10			G 0 2 B 6/10	A
C 0 3 B 37/014			C 0 3 B 37/014	Z
G 0 2 B 6/00	3 0 1		G 0 2 B 6/00	3 0 1
	3 5 6			3 5 6 A

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平7-319043

(22) 出願日 平成7年(1995)12月7日

(31) 優先権主張番号 特願平7-673

(32) 優先日 平7(1995)1月6日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005290

古河電気工業株式会社

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号

(72) 発明者 吉田 和昭

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古

河電気工業株式会社内

(72) 発明者 佐藤 健男

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古

河電気工業株式会社内

(72) 発明者 森川 孝行

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古

河電気工業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光ファイバおよびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 基板上へ正確に配置、固定することができ、また、複屈折がなく、偏波依存性を生じない光ファイバとその製造方法を提供する。

【解決手段】 光ファイバの断面を正多角形にし、また、この光ファイバを正多角形である棒状の光ファイバ母材を加熱、延伸して製造する。

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 断面が正多角形であることを特徴とする光ファイバ。

【請求項 2】 断面が正多角形である棒状の光ファイバ母材を加熱、延伸することを特徴とする請求項 1 記載の光ファイバの製造方法。

【請求項 3】 光ファイバ母材を粉末成形法により製造することを特徴とする請求項 2 記載の光ファイバの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光通信用、光計測用などに適した外形断面が正多角形である光ファイバに関する。

【0002】

【従来の技術】光通信、光計測等の分野では、光ファイバの端末は平面光導波路と接続して使用される。しかし、光ファイバと前記光導波路との接続は、技術的に難しく、光通信や光計測の装置の高コスト化を招いていた。その原因は、光ファイバと光導波路との接続は、光導波路が形成された基板上で行われるが、この際に光ファイバを所定の位置に正確に配置することが困難であることにある。さらに、この事象は、通常の光ファイバは、断面が円形であるために、転がりやすく、かつ、曲がりやすいことに起因する。また、平面光導波路では、コアの断面が円ではなく、四角形なので、これと効率よく光結合するには光ファイバもコアも四角形であることが望まれる。

【0003】また、最近では光ファイバ中を伝播する直流光源からの光に、外部から信号を印加し、間接的に変調する外部変調器が開発されている。外部変調器は、例えば図 6 に示すような断面構造をしている。図中、符号 1 は光ファイバ、符号 2 は石英基板、符号 3 は ZnO からなる圧電素子、符号 4 は Au 電極、符号 5 はシリカゲルからなる接着剤を兼ねた被覆部である。この外部変調器においても、石英基板 2 上に正確に光ファイバ 1 を配置する必要があり、断面が円形である通常の光ファイバでは転がりやすく、かつ、曲がりやすいために、光ファイバ 1 を正確に配置することが難しい。また、この外部変調器は、圧電素子 ZnO からの超音波により光ファイバを伝搬する光信号を変調するものであるが、圧電素子の基板と光ファイバは円の接点で接触しているにすぎず、その接点はわずかである。従って、圧電素子から光ファイバへの超音波の入力も少ない。これを改善するために、光ファイバの断面が平面で基板に接することが望まれる。また、最近では、光ファイバ・グレーティングが開発されている。これは光ファイバの側面から紫外線を照射して製造するものであるが、従来の円形の光ファイバには紫外線の照射は難しい。このためにも光ファイバの断面が平面であることが望まれる。

【0004】さらに、最近では、図 7 に示すように、光ファイバ 1 を多数、樹脂 7 中にマトリックス状に配置した光部品も要求されている。このような部品でも、前述したような理由から従来の円形の光ファイバではマトリックス状に配置するのが難しい。図中、符号 6 は樹脂からなる被覆部である。また、このように光ファイバをマトリックス状に配置するときに、従来の円形の光ファイバでは、円と円の間に空隙が生じるので充填密度が小さい。この場合も正方形、正六角形などの断面を持つ光ファイバが望まれる。さらに、光ファイバのコアの断面も従来の円形ではなく、正方形とすれば、より多くの光量が伝送できるという利点も生じる。

【0005】ここで、断面が円形である従来の光ファイバの代わりに、断面が角形の光ファイバを用いると、上記欠点を補うことができることは容易に考えつく。従来の断面非円形光ファイバとしては、例えば図 8 に示すように、偏平なクラッド断面を有するものが発表されている（文献 1、2 参照）。前記光ファイバ 11 は、偏平なクラッド 14 を有する PANDA 型光ファイバという偏波面保持光ファイバである。前記光ファイバ 11 は、応力付与部 13 を設けて、線引き時にコア 12 に方向によって異なる応力を加えて製造され、その目的は複屈折を大きくすること、および光ファイバの偏波軸を容易に識別できることである。なお、この偏平なクラッドを持つ光ファイバ 11 を製造するには、偏平なクラッド相当部を持つ母材を線引きしている。偏平なクラッド相当部を有する母材を線引きすると、たとえ応力付与部を設けなくても、光ファイバの長軸と短軸の延伸量が異なり、複屈折率が生じる。

文献 1：電子通信学会技術研究報告 OQE 88-22、p 71

文献 2：電子通信学会技術研究報告 OQE 85-13、p 7

【0006】

【発明が解決しようとする課題】従来の円形光ファイバは、転がりやすく、かつ、曲がりやすいために、光ファイバを正確に光導波路が形成された基板上に配置することが難しく、また、マトリックス状に配置するのも困難であるという問題があった。さらに、偏平なクラッドを有する光ファイバでは、複屈折により偏波依存性が生じるという問題があった。また、光ファイバの側面から超音波や光を入力しにくいという問題や密に充填しにくいという問題があった。本発明の目的は、基板上に正確に、かつ、容易に配置することができ、また、複屈折のない光ファイバを提供することである。この光ファイバには、光ファイバの側面から超音波や光波を容易に入力できる効果もあり、本発明ではこれら多くの利点をもつ光ファイバを提供する。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は上記問題点を解

決した光ファイバとその製造方法を提供するもので、断面が正多角形であることを特徴とする光ファイバを第1発明とする。また、断面が正多角形である棒状の光ファイバ母材を加熱、延伸することを特徴とする第1発明の光ファイバの製造方法を第2発明とし、第2発明において、光ファイバ母材を粉末成形法により製造することを第3発明とする。

【0008】本発明の光ファイバ母材は、コア相当部が光ファイバ母材中心に位置し、クラッド相当部がコア相当部を中心にして周方向に点対称であることが望ましい。従って、正多角形のうち、特にクラッド相当部の断面が正方形、正六角形、正八角形などをしてることが好ましい。この理由は、光ファイバ母材から光ファイバへ加熱延伸するとき、光ファイバ母材をコアの円周方向に一樣に力がかかるように軸方向に延伸して光ファイバに複屈折を生じさせないようにし易いためである。故に、図8に示すように光ファイバ11のクラッド14に、コア12の左右に応力付与部13を挿入したり、図9に示すように、円形内部クラッド15bと外部クラッド15aの間に楕円内部クラッド15cを設けたりするなど、クラッドに異方性を加えることは好ましくない。応力付与部のような異質のガラスをクラッド部に挿入する場合でも、コアの左右の他に上下にも挿入すること、あるいは、内部クラッドを設ける場合でも、楕円ではなく円形クラッドとすることなど、いずれの場合にもクラッド部に異方性を与えないことが必要である。

【0009】また、本発明では、正多角形の光ファイバ母材から相似形の正多角形の光ファイバを製造すること、例えば正方形の光ファイバ母材から正方形の光ファイバを製造することが重要である。但し、長方形の光ファイバ母材から長方形の光ファイバ（延伸条件によっては正方形の光ファイバともなるが）を製造する場合には、延伸によって長方形の長辺と短辺の比が変化する。このことは、光ファイバの断面の長辺方向と短辺方向で異なった歪みを発生し、複屈折を生じることを意味する。勿論、コアの変形を生じることにも心配されるので、正多角形の光ファイバ母材を延伸して相似形の正多角形の光ファイバを製造することが望ましい。本発明では、光ファイバのコアは円形でも、正多角形でも良い。これらの光ファイバを製造するには、それぞれ円形や正多角形のコアを持つ光ファイバ母材を使用すればよい。光ファイバをマトリックス状などのバンドルファイバとして利用するには、コアの断面が円形よりも正多角形の方が望ましい。この理由は、コアの占有率が大きくなり、大量の光が伝送できるからである。

【0010】本発明の光ファイバの製造に用いる光ファイバ母材は、各種の方法で製造することができる。具体的には断面が円形の光ファイバ母材を、VAD法、MCVD法、OVD法などの良く知られた気相法で断面が円形の光ファイバ母材を製造し、前記断面が円形の光ファイ

バを透明、ガラス化して得た透明ガラス母材の側面を機械的に切削することで、本発明の光ファイバの製造に用いる光ファイバ母材を製造することができる。さらに経済性の良い製造方法としては、粉末成形法を利用した方法がある。この方法は、例えば加圧成形法（平成4年特許願第304418号、平成3年特許願第126723号、公開特許公報昭61-256937号参照）、押出成形法（公開特許公報平4-124042号参照）、スリップキャスト成形法（公開特許公報平1-56331号、平成4年特許願第189851号）、MSP法（公告特許公報平4-50256号、公開特許公報昭61-266325号参照）のように、シリカ系ガラス微粒子を機械的に成形し、多孔質母材とし、さらに透明ガラス化して光ファイバ母材を製造する方法である。これらの方法を利用する場合、直接正多角形の多孔質棒状体を作るのが最も好ましく、また円柱状の多孔質体を製造して、これの側面を切削して正多角形とするのも好ましい方法である。もちろん、透明ガラス母材の側面を機械的に切削することもできる。粉末成形法が経済的に有利である理由は、直接正多角形を製造できたり、円柱状の多孔質体から正多角形を容易に削り出せるからである。本発明では、光ファイバの断面が正多角形で、しかもコアの断面も正多角形の構造が好ましい構造であると述べたが、粉体成形法を利用する光ファイバ母材の製造法がこれに特に適している。即ち、断面が正多角形のコアを製造するためには、通常製造される円柱状のコアを、その側面を切削して断面が正多角形の棒状にし、加工しなければならない。次にこれに断面が正多角形のクラッド部を付与するには、粉体成形法を利用してシリカ粉末からクラッド用ガラスをコア用ガラス棒の外周に形成する方法が技術的に可能なほぼ唯一の方法であるからである。

【0011】本発明の光ファイバを製造する際の光ファイバ母材の延伸方法は、光ファイバの通常の線引き装置を用いて行うことができる。線引き条件としては、常法よりも、低温で線引きすると良い。この線引き温度は、予備実験で容易に決定することができる。具体的な線引き温度は、通常の断面が円形の光ファイバの線引き温度より低い温度で実施されるが、その下限は1830℃程度にする必要がある。これより低い温度で線引きすると、線引き速度が遅くなり、経済的に不利になること、光ファイバが高損失化すること、機械的強度が劣化することなどの問題が生じる。また、光ファイバ内に線引き応力が残存する恐れがある。また、線引き温度を無闇に高くすることも好ましくない。線引き温度を高くすると、ファイバの側面が、平面から崩れ、丸みを帯びてしまい、角の丸みも増加するからである。従って、2000℃以下の線引き温度を選ぶ必要がある。

【0012】また、正多角形の棒状光ファイバ母材は角が鋭く、製造中に破損することがある。そこで、さらに好ましい光ファイバ母材としては、角を丸くするか、あ

10

20

30

40

50

るいは面取りした正多角形母材が挙げられる。この場合も、できるだけコア相当部を中心にして点対称に面取りすることが好ましい。前述したような光ファイバ母材を用いることにより、破損がなく、複屈折もない光ファイバを製造できる。また、コアの断面が正多角形の光ファイバの製造では、コア用母材を面取りすることが特に重要である。即ち、通常、気相法で製造される円柱状のコアを、その側面を切削して断面が正多角形の棒状に加工しなければならないが、この棒状コアは角を面取りして使うことにより、破損が激減するからである。なお、面取りした光ファイバ母材からは面取りした断面と相似形の光ファイバを製造することができるが、面取りをしていない光ファイバ母材からも延伸条件を変えることによって面取りした状態の断面を有する光ファイバを得ることができる。例えば、光ファイバ母材を高い温度で線引きすると、面取りした状態の断面を有する光ファイバが得られる。この方法は、光ファイバの側面が完全な平面であることを要求しないときには有効である。このような面取りした状態の断面を有する光ファイバは、強度が増加するので好ましい。

【0013】本発明の光ファイバは、断面が正多角形であるので、光ファイバ側面からの超音波や光を容易に入力でき、空隙なく高密度に充填でき、転がりや曲がりの恐れがなく、基板上へ正確に配置、固定することができる。また、断面が正多角形の棒状光ファイバ母材を加熱延伸して断面相似形の正多角形光ファイバを形成すると、該光ファイバは複屈折がなく、偏波依存性が生じる恐れなくなる。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、発明の実施の形態に基づいて本発明を詳細に説明する。本実施の形態の光ファイバの製作工程は以下の通りである。即ち、

1) コア相当部径：クラッド相当部径＝1：4.88で、外径6.98mm、長さ250mmのコア相当部および一部クラッド相当部からなるコア用母材24をVAD法で製作した。該コア用母材24は、コアは酸化ゲルマニウムをドーブしたシリカガラス、クラッドは純シリカガラスからなる。図1に示すように、前記コア用母材24の両端に、支持棒25として石英ガラス棒を融着接続した後、コア用母材24を筒状の成形ゴム型23の中心に設置する。なお、符号21は中蓋、符号22は上蓋、符号26は下蓋である。さらに成形ゴム型23は、全体がウレタンゴム製の筒状物であり、外径60mm、内径50mm、長さ300mmである。

2) 次に、成形ゴム型23とコア用母材24の空隙にシリカ系ガラス粉末を造粒した造粒粉を充填した。この造粒粉は、以下のようにして製造した。先ず、気相合成法で製造した平均粒径8μmのシリカ粉末を原料とし、シリカ粉末100に対して、純水66、ポリビニールアルコール1.6、グリセリン1.0の重量割合で混合し、

攪拌してスラリーとし、これにスプレードライヤー装置を使用して造粒粉を製作した。前記造粒粉の平均粒径は約100μmであった。

3) 成形ゴム型23に造粒粉を充填した後、成形ゴム型23を静水圧加圧装置に投入し、98MPaで成形ゴム型23を加圧し、造粒粉を成形した。加圧後、成形ゴム型23内の多孔質成形体を取り出した。成形体の外径は、38mmであった。

4) 前記成形体をコア相当部が中心となるように四方を機械的に切削し、図2に示すように、一辺が25.5mmの正方形断面の棒状多孔質体27を形成した。

5) 前記多孔質体27を、乾燥空気雰囲気中で、500℃に昇温し、3時間熱処理した。続いて、塩素10容量%を含む雰囲気中で、1000℃で精製のための熱処理を行った。次いで、ヘリウム雰囲気下、1690℃に加熱して、全体を透明ガラス体とした。このようにして、一辺が21.4mmの正方形断面を持ち、中心にコア相当部を有する光ファイバ母材を得た。

6) 前記光ファイバ母材を、カーボン抵抗加熱炉を備えた光ファイバ線引き装置に一定速度で供給し、1930℃で、光ファイバの引出し速度を20m/minとして線引きして、一辺が124.4μmの正方形で、コア径が7.8μmの断面構造を持つ光ファイバ31を製作した。図3は、このようにして製作された光ファイバ31の断面図である。図3において、符号32はコア、符号33はクラッドである。

なお、本発明の光ファイバの断面形状は、上記実施例に限定されず、図4、5に示すように、正六角形、或いは正八角形などの偶数の角を有する正多角形でもよい。

【0015】一方、比較例として、長方形断面の光ファイバを製作した。この比較例は、長辺と短辺がそれぞれ30mmと15mmのシリカガラス母材（長辺：短辺＝2：1）を1950℃或いは1900℃の線引き温度、20m/minの引出し速度で線引きして、短辺が125μmの光ファイバとしたものである。得られた光ファイバは、短辺は125μmであるが、長辺：短辺の比が、それぞれ1.90：1或いは1.94：1であった。このように、正多角形でない母材から得られた光ファイバは、歪みを含み、コアに異方性を生じた。

【0016】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、光ファイバの断面が正多角形であるため、光ファイバ側面からの超音波や光を容易に入力でき、空隙なく高密度に充填でき、転がりや曲がりの恐れがなく、光導波路の基板上へ正確に配置、固定することができ、また、前記光ファイバを断面相似形の正多角形の棒状の光ファイバ母材を加熱、延伸して製造すると、得られる光ファイバは複屈折がなく、偏波依存性を生じないという優れた効果がある。

50 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係る光ファイバの一実施の形態の製造に用いた成形ゴム型の断面図である。

【図 2】上記実施の形態の製造工程中で形成された多孔質体の断面図である。

【図 3】上記実施の形態の光ファイバの断面図である。

【図 4】他の実施の形態の光ファイバの断面図である。

【図 5】さらなる他の実施の形態の光ファイバの断面図である。

【図 6】外部変調器の断面図である。

【図 7】光部品の断面図である。

【図 8】従来の光ファイバの断面図である。

【図 9】従来の他の光ファイバの断面図である。

*【符号の説明】

- | | |
|----|-------|
| 21 | 中蓋 |
| 22 | 上蓋 |
| 23 | 成形ゴム型 |
| 24 | 母材 |
| 25 | 支持棒 |
| 26 | 下蓋 |
| 27 | 多孔質体 |
| 31 | 光ファイバ |
| 32 | コア |
| 33 | クラッド |

*

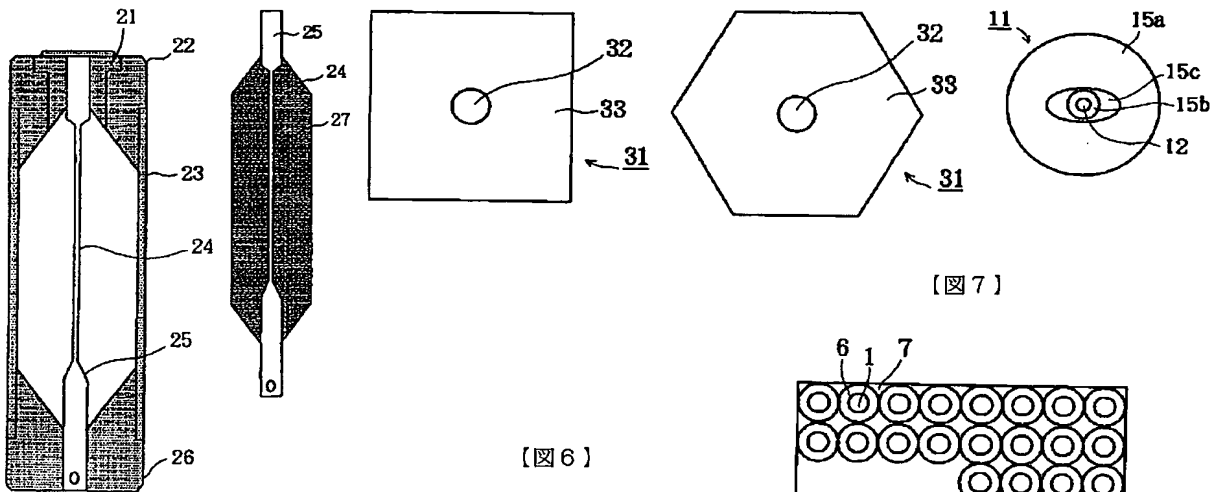
【図 1】

【図 2】

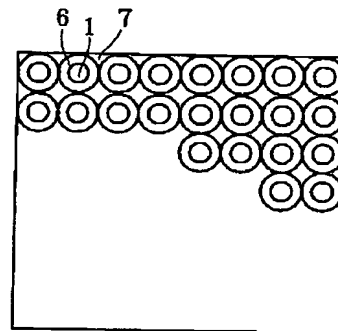
【図 3】

【図 4】

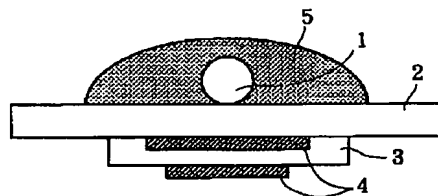
【図 9】



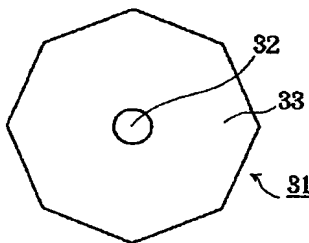
【図 7】



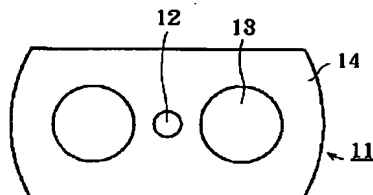
【図 6】



【図 5】



【図 8】



フロントページの続き

(72)発明者 八木 健
東京都千代田区丸の内 2 丁目 6 番 1 号 古
河電気工業株式会社内

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.